



Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) PATENTSCHRIFT A5

(11)

632 617

(21) Gesuchsnummer: 8829/78

(73) Inhaber:
De Staat der Nederlanden, te dezen
vertegenwoordigd door de directeur-
generaal der Posterijen, Telegrafie en
Telefonie, Den Haag (NL)

(22) Anmeldungsdatum: 21.08.1978

(72) Erfinder:
Antoon Albert Johan Otten, Zoeterwoude (NL)
Robert Wilcke, Leiden (NL)

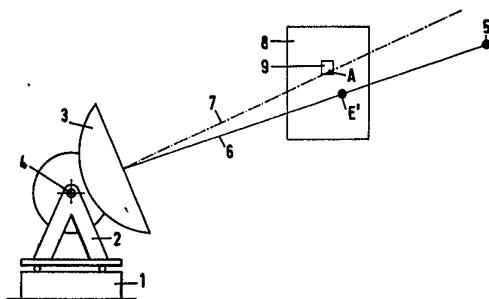
(24) Patent erteilt: 15.10.1982

(74) Vertreter:
Patentanwaltsbureau Isler & Schmid, Zürich

(45) Patentschrift
veröffentlicht: 15.10.1982

(54) Verfahren zur Steuerung einer Antenne in einer Erdefunkstelle für Fernmeldeverkehr über Satelliten.

(57) Zur raschen Ausrichtung der Antennenachse (7) auf einen Satelliten (5) werden während unwillkürlicher Antennenbewegungen um die optimalen Empfangsrichtung (6) herum die Empfangssignale gemessen und aus den Schwankungen wird das Korrektursteuersignal errechnet. Damit muss nicht die aus der schrittweisen Verfolgung bekannte Annäherung in zwei Richtungen, nämlich Azimuth und Elevation, getrennt durchgeführt werden, sondern mit Schritten in beliebiger Grösse und Richtung kann die Antenne direkt orientiert werden.



PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zur Steuerung einer Antenne in einer Erdefunkstelle für Fernmeldeverkehr über Satelliten, wobei die Antenne mit Mitteln zur Bestimmung ihrer Orientierung und solchen zur Feststellung der Stärke des empfangenen Signals versehen ist, dadurch gekennzeichnet, dass die Richtung und das Ausmass jeder durchzuführenden Änderung der Antennenorientierung aus der Änderung der Signalstärke und den entsprechenden, infolge der von der Antenne im Vergleich zur eingestellten Orientierung gemachten unwillkürlichen Änderungen abgeleitet werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass man Signalschwankungen während eines verhältnismässig kurzen Zeitintervalls durch Verwendung eines Polynoms höherer Ordnung als Zeitfunktion anzunähern sucht.

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Steuerung einer Antenne in einer Erdefunkstelle für Fernmeldeverkehr über Satelliten, wobei die Antenne mit Mitteln zur Bestimmung ihrer Orientierung und solchen zur Feststellung der Stärke des empfangenen Signals versehen ist.

Verschiedene bekannte Verfahren bedienen sich der sogenannten «Höhensteigungsmethode», die so genannt wird, weil man ständig nach einer Orientierung der Antenne sucht, bei dem das empfangene Signal stärker ist als bei der vorhergehenden Orientierung: in der «Hügellandschaft» der Signalstärken probiert man stets höher zu kommen. Eine der diesbezüglichen Ausführungsmethoden ist die sogenannte schrittweise Verfolgung, im englischen Sprachgebrauch step-track genannt.

Diese «step-track»-Methode ist eine einfache und verhältnismässig nicht teure Möglichkeit des Ausgerichtethaltens einer Antenne auf einen Satelliten. Die Orientierung der Antenne wird schrittweise geändert, und zwar mit Schritten gleicher Grösse von z. B. 0,01° sowohl in der Elevations- wie in der Azimutrichtung, und man sucht stets diejenige Antennenorientierung, bei der das empfangene Signal so stark wie möglich ist.

Das Verfolgungssystem nach der «step-track»-Methode arbeitet mit einer stufenweisen Änderung in einer willkürlichen Richtung, z. B. der Elevationsrichtung. Nimmt infolge dieser Änderung die Stärke des gemessenen Empfangssignal zu, dann wird in der gleichen Richtung ein nächster Schritt getan usw. Wird nach einer Reihe von Schritten nach dem letzten Schritt eine Verringerung des Signals konstatiert, dann geht man einen Schritt zurück. Im Anschluss daran wird die entsprechende, schrittweise Änderung in Azimutrichtung durchgeführt. Da die eingehenden Signale infolge atmosphärischer Einflüsse stark schwanken können, muss die Signalstärke während längerer Zeit, z. B. während einiger Minuten, gemessen werden. Dann wird der Durchschnittswert bestimmt. Jede Änderung der Antenne ist wegen ihrer grossen Trägheit zeitraubend. Jeder erste Schritt ist ein willkürlicher Schritt, der das Risiko der Verringerung der Signalstärke mit sich bringt. Die Erfindung beweckt, den Bedenken im Zusammenhang mit der «step-track»-Methode zu begegnen.

Die Erfindung will ein Verfahren zur Verfügung stellen, mit Hilfe dessen die Korrektur der Antennenorientierung dadurch in möglichst wenig Schritten erfolgt, dass diese Schritte in bezug auf Richtung und Grösse vorher berechnet werden.

Dieses Ziel wird dadurch erreicht, dass die Richtung und das Ausmass jeder durchzuführenden Änderung der Antennenorientierung aus der Änderung der Signalstärke und den entsprechenden, infolge der von der Antenne im Vergleich zu der eingestellten Orientierung gemachten unwillkürlichen

Änderungen abgeleitet werden.

Die Erfindung wird nunmehr anhand der Zeichnung beispielweise erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 die schematische Wiedergabe der Aufstellung einer Antenne im Verhältnis zu einem Satelliten,

Fig. 2 eine Fläche, lotrecht auf der optimalen Achse, die eine Reihe im Rahmen des bekannten «step-track»-Verfahrens von der Antennenachse durchlaufener Punkte zeigt,

Fig. 3 ein Diagramm, das den zeitlichen Verlauf der Amplitude der unwillkürlichen Bewegungen in Azimut(a-) und Elevations(e-)Richtung wiedergibt, und

Fig. 4 eine Fläche, lotrecht auf der optimalen Achse, die die Ruhepunkte zwischen den unwillkürlichen Bewegungen der Antenne (vgl. Fig. 3) zu erkennen gibt.

In Fig. 1 ist auf einer Basis 1 ein um die vertikale Achse drehbarer Fuss 2 befestigt, auf dem auf der horizontalen Achse 4 die Antenne 3 montiert ist. Der Winkel, den der Fuss 2 mit der Basis 1 bildet, kann mit Hilfe eines nicht eingezeichneten Winkelbestimmungsgeräts bestimmt werden, ebenso wie der Winkel, den die Antenne 3 mit den Fuss 2 bildet, mit einem nicht eingezeichneten, zweiten Winkelbestimmungsgerät bestimmt werden kann. Ein z. B. geostationärer Satellit ist mit Punkt 5 angedeutet. Dabei gibt die Linie 6 die optimale Position der Zentrallinie der Antenne 3 an. Die tatsächliche Zentrallinie der Antenne 3 ist durch die Linie 7 angegeben, die im allgemeinen mit der Linie 6 einen Winkel bildet. Durch allerlei Einflüsse ist die Orientierung des Satelliten 5, selbst wenn es sich um einen geostationären Satelliten handelt, hinsichtlich der Erde und also auch hinsichtlich der Antenne nicht stets genau die gleiche. Um die maximale Empfangsleistung aufrechtzuerhalten, muss die Antenne aber so gut wie möglich auf den Satelliten 5 ausgerichtet bleiben. Unter Zugrundelegung von Fig. 1 bedeutet das, dass fortwährend versucht werden muss, die Linien 6 und 7 zusammenfallen zu lassen.

Eins der Verfahren, mit Hilfe derer das erzielt werden kann, ist die sog. «step-track»-Methode, die darin besteht, dass jeweils während einer bestimmten Zeit die Stärke des empfangenen Signals festgestellt und bei Unterschreitung eines bestimmten Mindestwerts die Richtung der Antenne schrittweise geändert wird. Weil nicht bekannt ist, in welcher Richtung der erste Schritt getan werden müsste, wird die Richtung willkürlich gewählt. Das verdeutlicht Fig. 2, in der die horizontale Achse den Azimut und die vertikale Achse die Elevation angibt. Die Zentrallinie 7 der Antenne schneidet die Fläche 8 (Fig. 1, 2), die lotrecht auf der Linie 6 steht, in Punkt A, müsste aber Punkt E' durchlaufen (Fig. 1, 2). Bleibt das Signal während einer bestimmten Zeit, z. B. während einiger Minuten, unter einem bestimmten, festen Wert, dann macht die Antenne einen vorher bestimmten Schritt von z. B. 0,01° in willkürlicher Richtung nach oben, längs der Elevationsachse (vgl. Fig. 2). Verstärkt sich das Signal, dann wird in der gleichen Richtung ein nächster Schritt getan. Nach dem dritten Schritt läuft die Zentrallinie der Antenne durch Punkt B, wobei aber das Signal im Vergleich zu dem bei der vorherigen Orientierung schwächer ist, so dass die Steuerung die Antenne einen Schritt zurück, zum Punkt C, tun lässt. Dann wird ein Schritt in willkürlicher Richtung längs der Azimutachse gemacht. Auch hier werden die Schritte in der gleichen Richtung wiederholt, bis ein Signal festgestellt wird, das schwächer ist als das nach dem vorhergehenden Schritt (Punkt D), so dass ein Schritt zurück, zum Punkt E, getan wird.

Das vorstehend beschriebene Verfahren kostet viel Zeit. Weil das eingehende Signal infolge atmosphärischer Einflüsse nicht konstant ist, muss die Messung der Signalstärke eine gewisse Zeit lang fortgesetzt werden, so dass ein zuverlässiger Durchschnitt ermittelt werden kann.

Ein weiterer Nachteil ist, dass die Richtung des ersten Schritts willkürlich gewählt und die einmal gewählte Richtung

beibehalten wird, solange nach einem Schritt das Signal stärker ist als das nach dem vorigen Schritt. Hat sich z. B. während der Schritte von Punkt A zu Punkt E der Satellit zum Punkt H' bewegt, so dass Punkt H derjenige Punkt wäre, auf den sich die Antennenachse zweckmässigerweise zu richten hätte, dann könnte man einen grösseren Signalgewinn erzielen, wenn man bereits im Punkt E, zum ersten Mal aus der Richtung des Punktes C kommend, auf die Elevationsachse übergeht. Die Steuerung lässt aber die Linie 7, wie bereits erwähnt, Punkt E über die Punkte D und F zum dritten Mal erreichen, um erst danach auf die Elevationsachse überzugehen. In Fig. 2 wird überdies gezeigt, wie nun Punkt H erreicht wird und wie von Punkt H aus die Steuerung sowohl in Azimut- wie in Elevationsrichtung weiter nach einer Richtung mit einem stärkeren Signal sucht (Fig. 1).

Mit der Erfindung werden die dargestellten Nachteile behoben und die Zahl der Schritte wird nicht unbeträchtlich verringert. Dadurch kommt eine bestimmte, gewünschte Korrektur viel schneller zustande und dank der grösseren Präzision wird eine höhere durchschnittliche Signalstärke erzielt.

Eine Antenne für den Verkehr über Satelliten wird unter dem Einfluss einer Reihe von Umständen, zu denen u. a. kleine Instabilitäten des Steuersystems (sog. «limit-cycles») oder Grenzkurven, die Windstärke, die Gravitation und die Ausdehnung und Zusammenziehung unter dem Einfluss der Temperaturschwankungen gehören, innerhalb bestimmter Grenzen unwillkürliche Bewegungen um die eingestellte Ausrichtung herum machen. Der Antrieb ist in bezug auf das Wiedereinstellen der Antenne auf den eingestellten Wert fortwährend aktiv. Bei Messungen an einer Versuchsanterne wurde mit Hilfe von digitalen Winkelbestimmungsgeräten festgestellt, dass der zeitliche Verlauf der unwillkürlichen Bewegungen in Azimutrichtung etwa so ist, wie er in Fig. 3a, der in Elevationsrichtung wie er in Fig. 3e dargestellt ist. Der Ausschlag beträgt in beiden Fällen 0,016° von Spitze zu Spitze. Der weniger regelmässige Verlauf der Bewegung in der Elevationsrichtung wird durch das Ungleichgewicht der Antenne verursacht.

Zu konstatieren ist, dass sich die Antenne sowohl in bezug auf die Azimut- als auch die Elevationsrichtung während des weitaus grössten Teils der Zeit (ca. 96%) in einer extremen Ausrichtung befindet. Das wird dadurch verursacht, dass die Reibung in den Lagern der Antenne im Ruhestand viel grösser ist als während einer Bewegung. Dadurch ist relativ viel Antriebskraft erforderlich, um die Antenne aus einem der beiden Extremen in Bewegung zu bringen - hat eine derartige Bewegung aber einmal eingesetzt, dann steigert sich die Geschwindigkeit schnell, so dass der gewünschte Punkt überschritten wird. Die Steuerung bremst dann und die Antenne steht still. Dann

beginnt das Ganze aufs neue. Betrachtet man diese Bewegung in der Fläche 9 (Teil der Fläche 8 - Fig. 1,4), dann sieht man, dass die Antennenachse diese Fläche nur in einem der vier Punkte LO, RO, LB oder RB schneidet und sich nur ca. 4% der Zeit irgendwo auf dem Weg zwischen diesen Punkten befindet.

Bei dem Verfahren nach der Erfindung werden, wie bereits gesagt, die weiter oben beschriebenen, unwillkürlichen Bewegungen der Antenne benutzt, die von den Winkelbestimmungsgeräten registriert werden. Gleichzeitig mit jeder Antennenposition wird auch die dazugehörige Signalstärke registriert. Das Verfahren geht dann derart weiter, dass mit den während einer bestimmten Zeitperiode gesammelten Messergebnissen und unter Verwendung des Richtdiagramms der Antenne mit Hilfe einer Regressionstechnik die optimale Antennenposition errechnet wird. Bei der einfachsten Regressionstechnik wird die Signalstärke als Funktion der Zeit betrachtet, der man sich mit Hilfe einer zu bestimmenden Konstante so weit wie möglich annähert. In diesem Fall muss die Messperiode noch ziemlich gross sein. Der Zeitgewinn im Vergleich zu der «step-track»-Technik wird in diesem Fall nur dadurch erzielt, dass besser gezielte und manchmal grössere Schritte in Richtung des Optimums gemacht werden können.

Nach der Berechnung der optimalen Antennenposition - evtl. durch Ermittlung des Durchschnitts aus einer Reihe gesonderter Berechnungen - und mit Hilfe einer der Regressionstechniken kann das Steuerungssystem die Antenne auf diesen Punkt ausrichten.

Obwohl vorstehend von einem geostationären Satelliten die Rede war, kann das Verfahren nach der Erfindung auch bei der Verfolgung eines nichtstationären Satelliten Anwendung finden, dessen Bahn in grossen Zügen bekannt ist. In diesem letzteren Falle führt das Verfahren zu einer etwas abweichen den Bahn, mit einem stärkeren Empfangssignal.

Die Erfindung erlaubt die genaue und schnelle Verfolgung eines Satelliten mit einem Verfahren, das nicht teurer ist als die bekannten Antennensteuerungsmethoden.

Ein weiter verfeinertes und schneller arbeitendes Verfahren wird erzielt, wenn man sich den Signalschwankungen infolge atmosphärischer Einflüsse während eines ziemlich kurzen Zeitintervalls durch Verwendung eines Polynoms höherer Ordnung (mit noch festzulegenden Konstanten) als Zeitfunktion so weit wie möglich anzunähern sucht. Diese letzte genannte Regressionstechnik eröffnet überdies die Möglichkeit, umzuverlässige Ergebnisse, die bei sehr starken Schwankungen auftreten können, zu eliminieren.

Mit Hilfe von Simulationsmethoden wurde nachgewiesen, dass eine Antenne, die 20 dB vom Optimum abweicht, nach 2 Schritten die Spitze erreicht hat.

FIG. 3

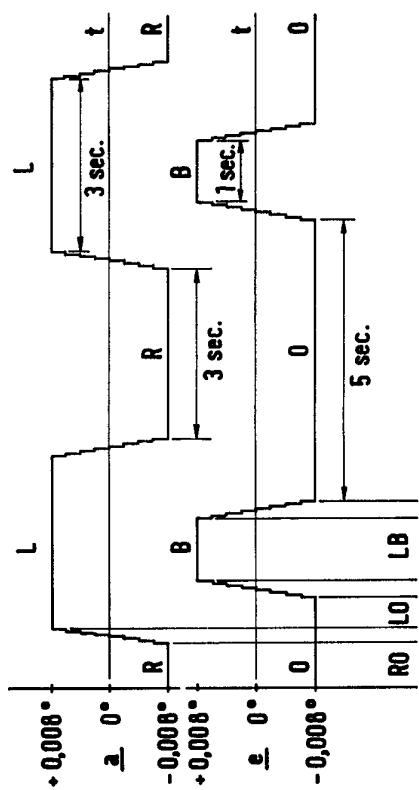


FIG. 1

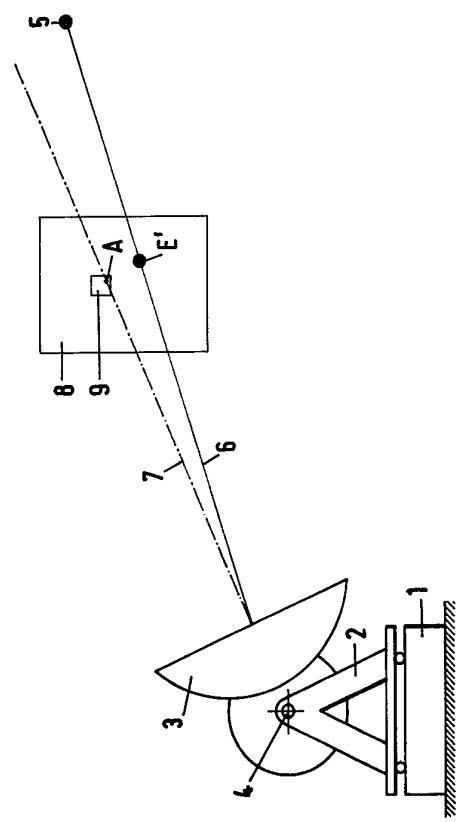


FIG. 4

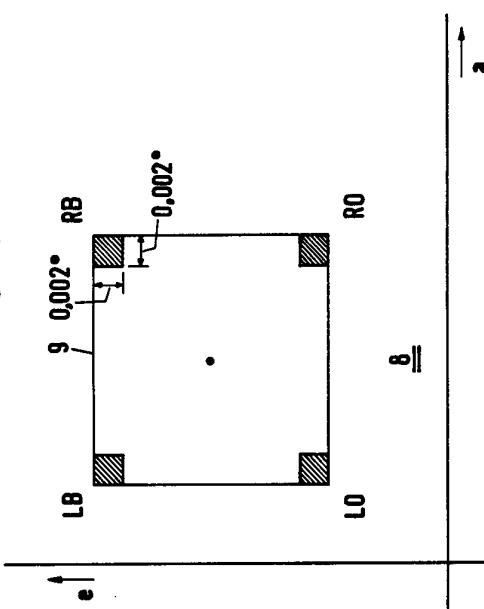


FIG. 2

